

## Характеристики сорбционного модуля гидротехнического сооружения очистки ливневых сточных вод кладбищ

*Магистр ГОУ СПбГПУ А.М. Корчевская\*;  
к.х.м., доцент ГОУ СПбГПУ В.Н. Чечевичкин*

В настоящее время на биологическую доочистку в канализацию сбрасываются ливневые сточные воды, содержащие взвешенные вещества и ионы тяжелых металлов. Высокая концентрация подобных веществ может привести к ухудшению работы биологических фильтров, находящихся в системе канализации и, как следствие, к ухудшению экологической обстановки.

Очистка поверхностных сточных вод кладбищ является серьезной экологической проблемой с точки зрения технической реализации и рентабельности, по причине достаточно больших площадей выпадения осадков и, соответственно, больших расходов вод, направляемых на очистку.

Концентрации естественным путем образующихся загрязнений, как правило, невелики, однако общий объем стоков приводит к значительному фактическому сбросу.

Решение проблем очистки осложняется невозможностью подвода к очистным объектам электроэнергии, строительства каких-либо помещений, а также постоянной работы обслуживающего персонала. На кладбищах нет места для сооружения накопительно-усреднительных резервуаров, прудов и отстойников. На подобных объектах невозможно применение наземных очистных сооружений с принудительной подачей воды на оборудование для очистки, а также заглубленных в грунт локальных самотечных установок кесонно-септиковой конструкции.

Реальной возможностью очистки сточных вод в этих условиях обладают гидротехнические сооружения сорбционной очистки, использующие принцип удаления различных растворенных веществ из воды поглощающим материалом, в данном случае — цеолитом. Ионообменная очистка на цеолитах может быть осуществлена эффективно только в условиях ламинарного режима движения жидкости через фильтрующую среду. Гидротехнические очистные сооружения сорбционного типа могут располагаться непосредственно в створах отводящих канав и работать при минимальных гидравлических перепадах.

Разработанное ранее гидротехническое сооружение должно соответствовать следующим параметрам [1]:

- режим работы – непрерывный всесезонный;
- гидродинамический режим – движение очищаемой воды путем просачивания ее через пористый сорбционный элемент за счет разницы уровней до и после него;
- место расположения – сточная канава с возможностью расширения русла до 200 см, с общей глубиной не более 70 см;
- уклон дна канавы не более 0,0005; уровень воды в канаве в рабочем режиме – не более 40 см;
- отсутствие места для строительства наземных помещений и резервуаров;
- отсутствие подвода электроэнергии.

Работа гидротехнического сооружения, вследствие невозможности создания накопительно-усреднительной емкости, происходит с переменной производительностью: во время ливня – максимальная, в сухой период – минимальная. В связи с этим должен быть предусмотрен некоторый запас по высоте сорбционного модуля, который при ливневом увеличении потока вод позволит устройству работать без перелива.

Минимальная длина цеолитового сорбента, обеспечивающая эффективную очистку сточных вод на цеолитовых фильтрах по сорбционно-ионообменному механизму, составляет 100 см [2].

Объектом исследования является единичный сорбционный блок-модуль, заполненный зернистым цеолитом, устанавливаемый в гидротехническое сооружение в количестве, необходимом для обеспечения требуемой производительности очистки. Блок-модуль имеет размеры 50x100x50 см, замыкающая стенка — проницаемая, лобовая имеет непроницаемый барьер, дно сорбционного модуля непроницаемо и горизонтально (или имеет уклон не более 0,0005), коэффициент фильтрации  $k$  равен 2,0 см/сек [3].

Предыдущими авторами была оговорена важность наличия переливного порога и непроницаемого барьера на лобовой стенке, но не были построены кривые депрессии. Следовательно, не было очевидно влияние зависимости высоты переливного порога на выходное сечение и высоты непроницаемого барьера на увеличение зоны заиливания. В связи с этим, неправильно была найдена линейная скорость движения жидкости  $u$ , и не была найдена рабочая площадь продольного сечения  $S$ .

Одной из главных задач на данный момент является определение таких параметров сорбционного модуля, чтобы линейная скорость движения жидкости уменьшилась (в пределах ламинарного режима), а рабочая площадь увеличилась. Для этого, возможно, придется изменить параметры самого сорбционного модуля.

На выходе из блока-модуля находится переливной порог. Через блок-модуль проходит вода. Очистка будет осуществляться только при скорости движения воды, находящейся в пределах ламинарного режима движения жидкости.

От высоты переливного порога и непроницаемого барьера на лобовой стенке зависят сорбционные характеристики блока-модуля, такие как линейная скорость движения жидкости, рабочая площадь продольного сечения.

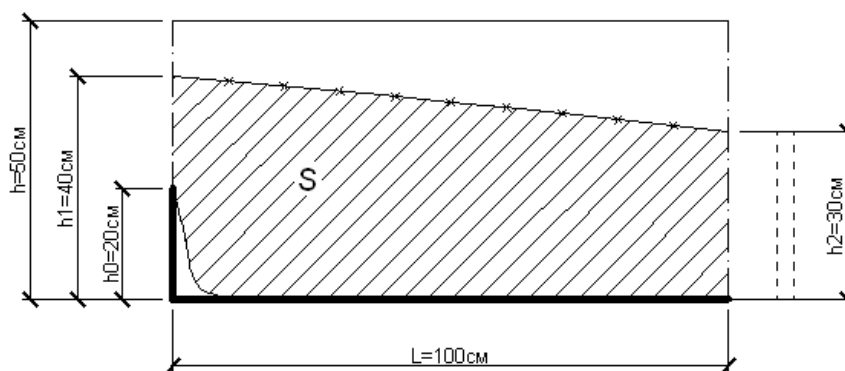


Рисунок 1. Продольное сечение сорбционного модуля

На рис. 1 изображено продольное сечение сорбционного модуля. Площадь рабочего сечения модуля  $S$ , описывается верхней и нижней кривыми депрессий. Верхняя кривая депрессии построена с помощью формулы Дюпюи [4]:

$$Q = k \frac{h_1^2 - h_2^2}{2L} \quad (1),$$

- где  $Q$  – объемный расход,
- $k$  – коэффициент фильтрации,
- $h_1$  — уровень воды при рабочем режиме,
- $h_2$  — высота переливного порога (или высота сечения),
- $L$  – длина модуля.

Вид верхней кривой депрессии зависит от высоты переливного порога  $h_2$ . От высоты переливного порога также зависит площадь сечения  $w$ , а от площади сечения зависит значение линейной скорости движения жидкости  $u$ . Линейную скорость движения жидкости можно определить с помощью уравнения Дарси [4]:

$$u = \frac{Q}{w} \quad (2),$$

- где  $Q$  – объемный расход,
- $u$  – линейная скорость движения жидкости,
- $w$  – площадь сечения.

Из формул (1) и (2) видно: чем выше значение высоты переливного порога  $h_2$ , тем ниже значение объемного расхода  $Q$ , тем ниже значение линейной скорости движения жидкости  $u$ . В связи с этим, более выгодным является режим работы модуля с высокими значениями  $h_2$ . Однако, при этом необходимо учитывать диапазон сезонных колебаний уровня  $h_1$ .

Изначально предполагалось наличие непроницаемой замыкающей стенки на каждом модуле, т.к. это удобнее конструктивно, но это привело бы к формированию застойной зоны, что уменьшило бы площадь рабочего сечения.

Нижняя кривая депрессии построена с помощью метода ЭГДА (электродинамической аналогии) [4]. Электродинамическая аналогия заключается в том, что ламинарное течение воды в пористой среде и постоянный электрический ток в проводящей среде подчиняются одним и тем же математическим зависимостям.

Вид нижней кривой депрессии зависит от высоты барьера на лобовой стенке  $h_0$ . Этот барьер нужен для задержки иловой массы из канавы, которая, постепенно перемещаясь вместе с водой, забивает пористое пространство модуля и ухудшает его работу.

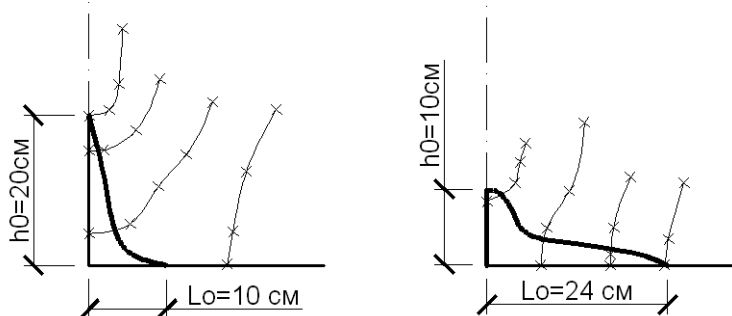


Рисунок 2. Варианты нижней кривой депрессии (кривой застойной зоны) в зависимости от высоты непроницаемого барьера

Зона заиливания  $L_0$  — неблагоприятная зона для работы модуля. Уменьшать высоту  $h_0$  не рекомендуется, т.к. ил, проникая в сорбент, ухудшает его работу. Также нельзя увеличивать высоту  $h_0$  выше 20 см, т.к. это приведет к уменьшению сечения на входе и увеличению линейной скорости движения жидкости  $u$ .

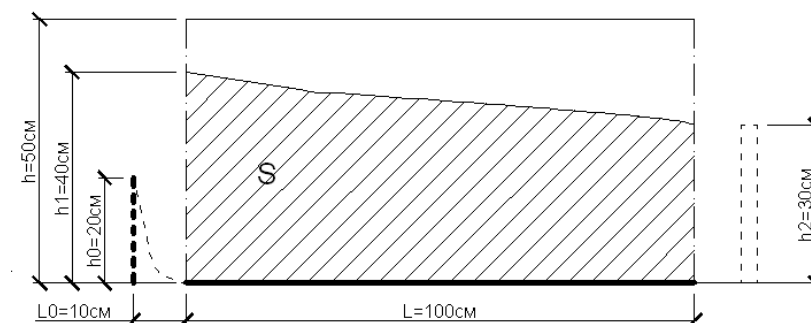


Рисунок 3. Продольное сечение сорбционного модуля с полностью проницаемой лобовой стенкой

Для улучшения работы модуля-блока и гидротехнического сооружения в целом лобовую стенку можно сделать полностью проницаемой (рис. 3), а непроницаемый барьер отодвинуть на расстояние, равное длине зоны заиливания  $L_0$ , чтобы иловый остаток накапливался между блоком и барьером. Благодаря таким изменениям сечение на входе в блок-модуль увеличится (а значит, уменьшится линейная скорость движения жидкости на входе), кроме того, незначительно, но увеличится рабочая площадь сечения  $S$ .

Таким образом, при использовании сорбционных блоков-модулей с полностью проницаемыми лобовой и замыкающей стенками, работа гидротехнического сооружения становится более эффективной по сравнению с ранее рассмотренным сооружением, т.к. с увеличением входного сечения линейная скорость движения воды находится в диапазоне ламинарного режима, а рабочая площадь продольного сечения увеличивается.

#### Литература

1. Vatin N., Golovkova N., Chechevichkin V., The hydroengineering constructions for continuous sorbention sewage treatment. The Int. Youth Sci. Envir. Forum "ECOBALTICA-2008", 26-28 June 2008, SPb 2008, p.177-180.
2. Челищев Н.Ф., Беденштейн Б.Г., Володин В.Ф. Цеолиты – новый тип минерального сырья. М., Наука, 1987. 176 с.
3. Справочник по гидродинамическим расчетам / Под ред. П.Г.Киселева. М., Энергия, 1974. 312 с.
4. Чугаев Р.Р. Гидравлика. М., Госэнергоиздат, 1963. 528 с.

\*Александра Михайловна Корчевская,

Санкт-Петербургский государственный политехнический университет.

Тел. моб. +7-921-335-72-68; эл. почта [al\\_kor4ev@mail.ru](mailto:al_kor4ev@mail.ru).